

УДК 574:573:621.311

Эколого-физиологические аспекты культивирования ивы в качестве источника древесной биомассы

Канд. биол. наук **Родькин О.И.** aleh.rodzkin@rambler.ru

Республиканское научно-исследовательское унитарное предприятие «БелНИЦ «Экология»
г.Минск, 220095, ул. Якубова 76

*Растения ивы в течение ряда лет успешно культивировались для хозяйственных целей. В последние годы особый интерес имеет получение древесины ивы для биоэнергетики, для чего селекционным путем создаются специальные быстрорастущие сорта или клоны. Внедрение короткоцикловых посадок ивы требует подбора клонов оптимальных для почвенно-климатических условий региона. В публикации представлены результаты многолетних исследований по продуктивности и физиологическим характеристикам клонов ивы нескольких видов в различных экологических условиях. Наши эксперименты подтверждают, что экологические характеристики видов ивы, проявляющиеся в естественных условиях, могут служить индикаторами для селекционного процесса направленного на формирование определенных свойств растений. В частности на выработанных торфяниках высокая продуктивность и оптимальные показатели водного режима наблюдались для клона ивы на основе вида *Salix dasyclados*, на деградированных торфяниках для клона *Salix viminalis*, в то время как на дерново-подзолистых почвах перспективными являются клоны на основе вида *Salix alba*. Так же установлено, что продуктивность ивы во-многом определяется оптимизацией водного режима растений.*

Ключевые слова: быстрорастущая ива, селекция, сорта, физиология, экология.

Environmental and physiological aspects of willow cultivation for wood biomass

Ph.D. **Rodzkin O.I.** aleh.rodzkin@rambler.ru

Belarusian Scientific and Research Center «Ecology», Belarus
Minsk, 220095, Yakubov St. 76

*Willow trees are cultivated during many years for several purposes. For the last year's most interest is willow wood production for bioenergy. Special fast growing clones of willow have been selected for this purpose. Introduction of short rotation coppice of willow require adaptation of optimal varieties created on the base of species that may grow successfully in different soil and climate conditions. The article cover results of investigations of productivity and physiological characteristic of some species willow fulfilled for several years in different ecological conditions. Our experiments identify that environmental characteristics of willow that took place in nature may conserve as indicators for selection of optimal properties of trees. For example for post-mining peaty soils optimal productivity and water regime took place for clones of willow selected on the base of species *Salix dasyclados*, for degraded peaty soils for clones on the base of species *Salix viminalis*. For mineral soils more perspective were clones of willow on the base of species *Salix alba*. It was identified that willow productivity in many respects depends on water regime of plants.*

Key words: fast growing willow, selection, varieties, physiology, ecology.

Растения ивы культивируются в хозяйственных целях достаточно давно и успешно. Это обусловлено их географическим распространением, приспособленности к различным экологическим условиям и интенсивным приростом биомассы. Они способны быстро заселять свободные от растительности участки почвы или места со слабо развитым вегетативным покровом[5].

Род ивы — *Salix* L. содержит до 200 видов, из которых на территории Республики Беларусь встречается несколько десятков видов и разновидностей которые характеризуются различными экологическими требованиями [3]. В естественных условиях наиболее распространенные виды предпочитают разнообразные почвы: ива остролистная (*Salixacutifolia*) –песчаные; ива корзиночная (*Salixviminalis*), ива пурпурная (*Salixpurpurea*), ива шерстистопобеговая (*Salixdasyclados*), ива трёхтычинковая (*Salixtriandra*) – супесчаные; ива белая (*Salixalba*) – суглинистые; ива пепельная (*Salixcinerea*), ива ушастая (*Salixaurita*), ива розмаринолистная (*Salixrosmarinifolia*), ива лапландская (*Salixlapponum*), ива черничная (*Salixmyrtilloides*) – торфяно-болотные.

В СССР активные работы по культивированию ивы проводились с 30-х годов прошлого века под руководством академика В.Н. Сукачева. Основные экологические требования к растениям определялись направлениями их хозяйственного использования, которые были обоснованы в работах Л.Ф.Правдина [6]. По мнению автора, древесина ивы может быть использованы в качестве сырья для изготовления корзин, плетеной мебели, рыболовных снарядов, мебельного производства, получения спичек и бумаги и т.д.

Кроме того растения ивы имеют значительный природоохранный потенциал. Плантации могут использоваться при создании защитных лесных полос, восстановления выработанных и деградированных торфяников, реабилитации земель загрязненных радионуклидами [7,8,9,10].

Перечисленные качества ивы и направления ее использования определяли селекционный процесс создания новых сортов. В качестве исходного материала использовались быстрорастущие кустарниковые виды, дающие большое количество прутьев для корзиноплетения и других целей. В качестве перспективных для промышленного выращивания отмечены такие гибридные сорта, как *Jarvim*, *Omvim*, *Salixschwerinii*, *Chillin-3*, *Jikin-7*, *Salixviminalis* x *Salixchilkoans*, *Salixviminalis* x *Salixpurpurea* [6].

С 70-х годов прошлого века новый всплеск интереса к культивированию ив связан с использованием их древесины в качестве биотоплива для возобновляемой энергетики. Изучение потенциала быстрорастущих подвидов и гибридов ивы, тополя, осины и других растений сегодня активно проводится в ряде зарубежных стран (Швеция, Финляндия, США, Канада, Польша и др.)[11,12,13,14]. В западной литературе существует специальный термин для таких плантаций – SCR (shortrotationcoppice) [15]. Они обеспечивают максимально эффективный выход биотоплива на 3-4 год с начала закладки производственной плантации. То есть это короткоциклового посадки, и они кардинально отличаются от обычных плантаций таких пород как, например, ольха, ель или сосна которые убираются на биомассу через 15-20 лет. Быстрые темпы роста конечно возможны при использовании специальных сортов или клонов ивы полученных путем сложной селекции. В настоящее время площади быстрорастущих культур имеются практически во всех странах ЕС, а так же США и Канаде. На 2011 год площади энергетических плантаций составляют, например: в Швеции – около 13000 гектаров, в Германии – около 4000 га, в Польше – около 9000 га и т.д. [17,18,19,20].

Целенаправленная селекция ивы направленная на получение быстрорастущих сортов обеспечивающих высокий урожай древесины и соответственно выход энергии была реализована в рамках программы инициированной в Швеции с 1987 года и Великобритании с 1996. Предлагаемые для создания промышленных плантаций высокопродуктивные клоны и гибриды ив получены в основном от трех видов: ивы корзиночной (*Salixviminalis*), ивы шерстистопобеговой (*Salixdasyclados*) и ивы Шверина (*Salixschwerinii*), относящихся к группе евроазиатских бореальных географических элементов флоры. [16].

Согласно классификации эти виды ивы относятся к кустарниковым типам. Вместе с тем более высокими темпами роста отличается, например, вид ива белая (*Salix alba*) который относится к древесному типу и имеет ряд других ценных хозяйственно-полезных характеристик. Внедрение короткоцикловых посадок ивы в Беларуси требует подбора клонов оптимальных для нашей страны созданных на основе видов способных произрастать на различных почвенных разностях и в характерных климатических условиях.

Результаты исследований, проведенных в различных экологических условиях, с целью оценки некоторых клонов и видов ивы по продуктивности и физиологическим характеристикам представлены в данной статье.

Материалы и методы исследований

Исследования проводились с 2005 года в различных регионах Республики Беларусь. Эксперименты на деградированных торфяниках заложены в Лидском районе, Гродненской области, на выработанных торфяниках в Кобринском районе, Брестской области, на минеральных суглинистых почвах в Кричевском районе, Могилевской области и Дзержинском районе, Минской области.

Посадочный материал клонов ивы приобретался в рамках проекта РУП “БелНИИТопПроект” № 21-04Н от 23.09.2004 “Разработка технологии выращивания быстрорастущих пород растений на выработанных торфяных площадях” и договора о сотрудничестве между МГЭУ им А.Д. Сахарова и Institute of lowland forestry and Environment, Novi Sad, Republic of Serbia. В полевых экспериментах изучали динамику роста и развития растений ивы, показатели водного режима, содержание хлорофиллов и другие показатели.

Результаты исследований и их обсуждение

Выработанные торфяники

На 2011 год площади выработанных и разрабатываемых торфяных месторождений в Беларуси составляют около 320 тысяч гектаров. Эти земли принадлежат торфодобывающим предприятиям и после окончания добычи торфа могут быть частично задействованы под плантации быстрорастущих энергетических культур, при условии предварительного картирования и отбора площадей, соответствующих экологическим требованиям растений. Полученная древесина будет использована для потребностей торфодобывающих предприятий путем добавления биомассы при производстве торфяных брикетов. Такой подход имеет как экономическое, так и экологическое преимущество, позволяя рационально использовать торф как невозобновимый природный ресурс и существенно сократить выброс парниковых газов.

Исследования по динамике накопления биомассы и продуктивности растений ивы на выработанных торфяниках проводились на основе клона *Jorr* (*Salix viminalis*). Как уже было отмечено выработанные торфяники представляют собой гетерогенные земли, которые по существу не являются почвами, так как не обладают необходимыми свойствами, в том числе плодородием. Для изучения водного режима было выбрано 4 наиболее типичных участка:

- 1- низинный торфяник с высокой степенью разложения торфа (Вариант 1);
- 2- низинный торфяник с низкой степенью разложения торфа (Вариант 2);
- 3- низинный органно-минеральный торфяник (Вариант 3);
- 4- торфяник с высокой степенью минерализации почвы и песчаными включениями (Вариант 4).

В начальные периоды вегетации (май, июнь 2008 года) значительных различий по вариантам опыта на Лидском экспериментальном участке не наблюдалось. Однако к концу первого вегетационного сезона и на следующий год выяснилось, что растения ивы на втором и четвертом вариантах значительно уступают по продуктивности. Варианты опыта различались по ряду показателей, в том числе по степени разложения торфа и как следствие влагообеспеченности. Водный режим

растений это динамичный показатель, который в значительной степени зависит от различных экологических факторов. Поэтому серьезной задачей является установление закономерностей позволяющих проанализировать особенности водного режима при различных условиях эксперимента. Показатели водного режима определялись несколько раз на протяжении периода вегетации быстрорастущей ивы [1,4]. Результаты измерения интенсивности транспирации представлены на рисунке 1.

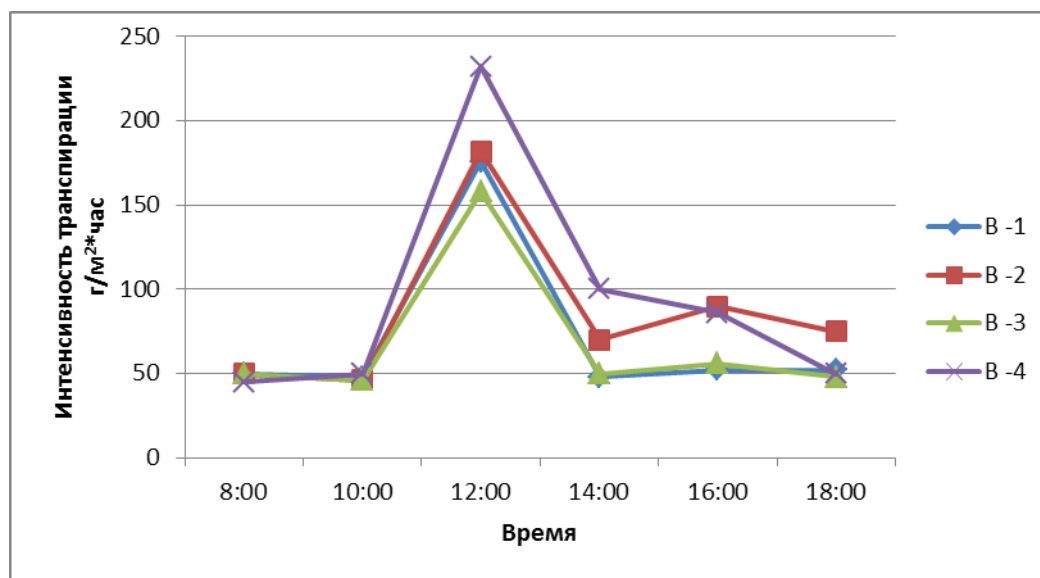


Рис 1. Дневной ход интенсивности транспирации 25.07.2009. Сводный график по 4-м участкам

Как следует из рисунка на четвертом участке интенсивность транспирации растений ивы в пиковый период достигала 230-250 грамм на м² в час. Измерения интенсивности транспирации ивы на плантажных посадках в условиях Беларуси ранее не проводились, поэтому полученные результаты сопоставлены с исследованиями, проведенными в других регионах. Измерения интенсивности транспирации растений ивы проведенные другими исследователями показывают, что ее величина в значительной степени зависит от условий произрастания. Так по данным Костюченко [2] в условиях среднетаёжной подзоны России интенсивность транспирации растений ивы произрастающих в бассейне реки Обь в пересчете достигала 200 гр/м² в час, в лесных сообществах 100 гр/м² в час и в городских условиях 150 гр/м² в час. Очевидно, что оптимальные условия для роста ивы имели место именно в бассейне реки. Тем не менее, по-видимому, можно сделать вывод об аномальности показателей интенсивности транспирации растений ивы на органо-минеральном торфянике относительно других вариантов опыта. Недостаточно высокие и стабильные показатели роста и развития ивы на деградированных торфяниках обусловили поиск новых возможностей для их оптимизации, в том числе на основе испытания клонов других видов ивы.

В частности, вид ивы *Salix dasyclados* согласно классификации И.Р. Морозова отличается более низкой требовательностью к кислороду и элементам питания, чем *Salix viminalis* [3]. Поэтому в целях сравнительного сортоиспытания в 2008 году был завезен посадочный материал польской селекции.

Приживаемость черенков шерстистопобеговой ивы была на уровне 95%, клон отличался высокими темпами роста, характеризовался более выравненным ходом транспирации и низким водным дефицитом по сравнению с клоном *Salix viminalis*.

Деградированные торфяники

Существует ряд как объективных, так и субъективных причин деградации пахотных земель. Тем не менее, отдельные факторы деградации могут и должны быть сведены к минимуму при условии проведения грамотной и последовательной политики экологического управления.

К особому виду деградации земель относится так называемая биологическая эрозия. Она проявляется систематически на осушенных торфяно-болотных почвах, что приводит к их ускоренному разрушению, которое усиливается при нарушении правил эксплуатации мелиоративных систем и нерациональной агротехнике. В результате, например, более 50 тыс. га торфяных почв в Республике Беларусь (около 10 % от всей площади), деградировало в малопродуктивные песчаные почвы.

В наших исследованиях полевой эксперимент заложен в Кобринском районе Брестской области. Изучались показатели водного режима растений ивы следующих вариантов:

В-1. Клон на основе ивы прутовидной. *Salix viminalis* (Sprint) (Швеция);

В-2. Клон на основе ивы шерстистоподобной. *Salix dasyclados* (Польша);

В-3. Клон на основе ивы прутовидной. *Salix viminalis* (Turbo) (Польша);

В-4. Клон ивы белой *Salix Alba* (Польша).

Результаты измерений свидетельствуют, что более высокой интенсивностью транспирации отличаются растения ивы разновидности *Salix Alba* (рисунок 3).

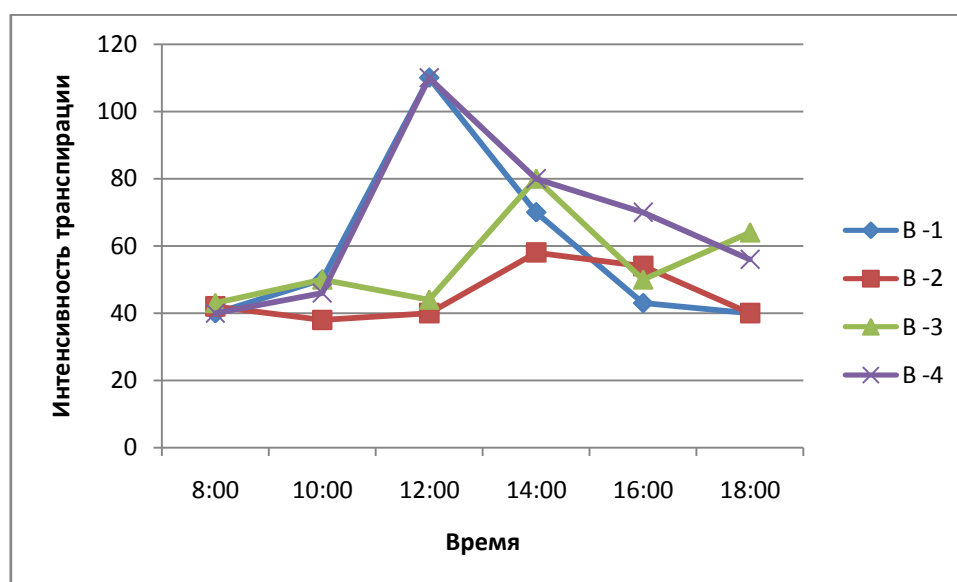


Рис 3. Дневной ход интенсивности транспирации растений ивы, на деградированных торфяниках. 03.08.2008

Следует отметить, что общее состояние водного режима на деградированных торфяниках для всех клонов можно характеризовать как стабильное. Интенсивность транспирации не превышает 100 - 120 грамм на м² в час и характеризуется одним максимумом.

По результатам трехлетнего цикла роста ивы на деградированных торфяниках наиболее высокая продуктивность имела место для клонов на базе вида *Salix viminalis*, близкая продуктивность была у клона созданного на основе вида *Salix alba*.

Суглинистые почвы

Исследования водного режима и показателей роста и развития ивы проводились в 2012-2013 годах на суглинистых дерново-подзолистых почвах в Дзержинском районе на основе культурных клонов шведской и сербско-белорусской селекции.

- Клон Jогг. Шведской селекции, создан на основе вида ивы *Salix Viminalis*.

- Клон Бачка. Сербско-Белорусской селекции, создан на основе вида ивы *Salix Alba*.

- Клон Волмянка. Сербско-Белорусской селекции, создан на основе вида ивы *SalixAlba*.
- Клон Дрина. Сербско-Белорусской селекции, создан на основе вида ивы *SalixAlba*.

Важным показателем, характеризующим засухоустойчивость растений, является эффективность использования воды. В полевых условиях измерялись показатели интенсивности транспирации, водного дефицита и водоудерживающей способности растений, который характеризует эффективность использования воды. Наиболее высокая водоудерживающая способность и низкий водный дефицит наблюдалась для клона Волмянка. Этот фактор может иметь большое значение при выращивании ивы в условиях недостаточной влагообеспеченности, например на легких почвах или при неблагоприятных погодных условиях. Растения клона ивы *Salixviminalis* по этому показателю занимали промежуточное положение.

Одной из причин, по которой *Salixalba* мало используется в селекционном процессе является тот факт, что вид относится к древесному типу ив. Тем не менее, наши эксперименты подтвердили, что при подрезке растений в конце первого года после посадки, что предусмотрено технологией, среднее количество стеблей клонов *Salixalba* после отрастания соответствует клонам *Salixviminalis*, и развитие растений идет по кустарниковому типу (таблица 1)

Таблица.1

Морфометрические параметры быстрорастущей ивы. Участок «Волма»

Клон	Год	Морфологические параметры		
		Высота растения, см	Диаметр ствола у основания, мм	Количество стеблей
Jorr(<i>Salix viminalis</i>)	2012	206	12,5	3,6
	2013	401	25,2	-
Клон Бачка (<i>Salix alba</i>)	2012	226	14,0	3,5
	2013	428	28,5	-
Клон Волмянка (<i>Salix alba</i>)	2012	225	13,6	3,4
	2013	417	26,9	-
Клон Дрина (<i>Salix alba</i>)	2012	197	13,5	3,4
	2013	387	27,3	-
НСП ₀₅	2012	9,2	0,53	0,28
НСП ₀₅	2013	14,6	1,12	0,28

Заключение

Эффективное внедрение посадок быстрорастущей ивы требует использования клонов адаптивных к различным экологическим условиям. В настоящее время большинство культурных клонов создается на основе 3-4 видов ивы из 200 существующих в природе. Наши эксперименты подтверждают, что экологические характеристики видов ивы, проявляющиеся в естественных условиях, могут служить индикаторами для селекционного процесса направленного на формирование определенных свойств растений.

Показатели водного режима растений ивы обуславливают их продуктивность в конкретных условиях. На слабо разложившихся и органо-минеральных выработанных торфяниках наблюдаются аномально высокие показатели интенсивности транспирации и водного дефицита независимо от вида растений ивы. На хорошо разложившихся выработанных торфяниках оптимальные показатели, как водного режима, так и динамики роста наблюдались для клона ивы на основе вида *Salixdasyclados*.

На деградированных торфяных почвах более высокая продуктивность имела место для клонов на основе вида ивы *Salixviminalis*, в то время как на дерново-подзолистых почвах перспективными

являются клоны на основе вида *Salixalba*, характеризующиеся быстрыми темпами роста и высокими хозяйственно-полезными показателями. Для закладки энергетических плантаций рекомендованы сорта (клоны) быстрорастущей ивы Бачка, Дрина и Волмянка, включенные в Государственный реестр сортов и древесно-кустарниковых пород Республики Беларусь в 2013 году.

За рамками наших исследований остались такие виды ивы как *Salixschwerinii*, *Salixaurita*, *Salixpurpurea*, а так же гибриды ивы, имеющие большой потенциал для селекции культуры.

Список литературы (Reference)

1. Использование адаптивных клонов как фактор эффективного внедрения энергетических плантаций быстрорастущей ивы / О.И. Родькин, Н.Н. Вайцехович, О.А. Шкутник, S. Orlovich, B. Krstić, B. Klačnja, A. Pilipović, B. Kovačević // Вестник ИРГСХА. - 2013. - №56. - С. 46-54.
2. Костюченко Р.Н. Эколого-физиологические механизмы адаптации растений рода *Salix* в различных условиях обитания среднетаежной подзоны : Автореферат дисс. канд. биол. наук : 03.00.16 / Костюченко Р.Н.; Омск, 2009, с.21
3. Морозов И.Р. Определитель ив и их культура / И. Р. Морозов. – М. : Лесная промышленность, 1966. – 254 с.
4. Особенности водного режима культивируемых клонов быстрорастущей ивы *SalixViminalis* и *SalixAlba* / О.И. Родькин, S. Orlovich, B. Krstić, A. Pilipović // Вестник Ир ГСХА. 2013. - №58. - С. 69-76.
5. Парфенов, В.И. Ивы (*Salix L.*) Белоруссии: таксономия, фитоценология, ресурсы / В. И. Парфенов, И. Ф. Мазан. – Минск : Наука и техника, 1986. – 167 с.
6. Правдин, Л.Ф. Ива, ее культура и использование / Л. Ф. Правдин. – М., 1952. – 168 с.
7. Родькин О.И., Пронько С.К. Сельскохозяйственное лесоводство как метод снижения воздействия на окружающую среду в агроэкосистемах // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия Экономика и экологический менеджмент. 2014. № 1.
8. Родькин, О.И. Экологические аспекты и перспективы производства биомассы быстрорастущей ивы в Беларуси. / О.И. Родькин. // «Энергоэффективность». – 2010. - № 11. - С. 18-20.
9. Родькин О.И. Экономические аспекты производства возобновляемой энергии из древесины быстрорастущей ивы // Электронный Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Экономика и экологический менеджмент. 2013. № 4.
10. AlehRodzkin, JózefMosiej, AgnieszkaKarczmarczyk, KatarzynaWyporska. Biomass Production in Energy Forests. p. 196-202 // Ecosystem Health and Sustainable Agriculture 3. Editors: Lars Rydén and Ingrid Karlsson© The Baltic University Programme, Uppsala University, 2012 ISBN 978-91-86189-11-2, 325 pages. III.
11. Barry Caslin, Dr. John Finnan, Dr Alistair McCracken. Willow Varietal Identification Guide September, TeagascHead Office, Oak Park, Carlow, Ireland- 2012, p.67.
12. Labrecque, M. High biomass yield achieved by *Salix* clones in SRIC following two 3-year coppice rotations on abandoned farmland in southern Quebec, Canada / M. Labrecque, T. I. Teodorescu // Biomass & Bioenergy. – 2003. – Vol. 25(2). – P. 135–146.
13. Schweier, J. & Becker, G. 2012. Harvesting of short rotation coppice – harvesting trials with a cut and storage system in Germany. *Silva Fennica* 46(2): 287–299.
14. Short-rotation plantations of balsam poplars, aspen and willows on former arable land in the Federal Republic of Germany. I. Site-growth relationships / C. Hofmann-Schielle [et al.] // *Forest Ecology & Management*. – 1999. – Vol. 121(1–2). – P. 41–55.
15. Short Rotation Forestry: review of growth and environmental impacts. / H. McKay [et al] // *Forest Research Monograph*, 2, Forest Research, Surrey, - (2011). – 212 p.

16. Slow expansion and low yields of willow short rotation coppice in Sweden; implications for future strategies. I. Dimitriou, H. Rosenqvist, G. Berndes. SE 41296 Gothenburg, Sweden, 11
17. Szczukowski S. Productivity of willow coppice plants grown in short rotations / S. Szczukowski, M. Stolarski, J. Tworkowski, J. Przyborowski, A. Klasa // PLANT SOIL ENVIRON., 51, 2005 (9). - P. 423–430.
18. Szczukowski, S. Wierzbakrzewiastna – roslinaenergetyczna / S. Szczukowski, J. Budny. – Olstyn, 2005. – 45 p.
19. Tahvanainen, L. Biomass production of *Salix viminalis* in southern Finland and the effect of soil properties and climate conditions on its production and survival / L. Tahvanainen, V. M. Rytönen // Biomass & Bioenergy. – Vol. 16(2) – 1999. – P. 103–117.
20. The potential distribution of bioenergy crops in Europe under present and future climate. / G. Tuck [et al] // Biomass and Bioenergy. 2006, 30 – P. 183–197.

Статья поступила в редакцию 10.06.2015 г.